云 南 植 物 研 究 2009, 31 (6): 520～528
Acta Botanica Yunnanica DOI: 10.3724 SP.J.1143.2009.09103

药用植物资源利用的一种分析模型

庄会富[1,2], 王雨华[1]
(1 中国科学院昆明植物研究所民族植物学实验室, 云南 昆明 650204;
2 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 在系统分析药用植物资源利用的各方面因素基础上, 以资源利用模式为研究切入点, 提出了一个基于资源利用模式和模式形成路径的分析模型 (Pattern-Path Model), 用于整体分析某一药用体系中植物资源的开发利用水平和发展过程。应用该分析模型对 2005 版中国药典使用的药用植物资源 (549 种高等植物) 进行了分析, 结果表明: 中国药典中应用的药用植物, 其资源利用发展较成熟 (供应持续性良好的植物资源占 79%, 暂不能持续供应的占 21%); 但是资源利用的发展过程不尽合理 (部分植物资源的栽培开展滞后于野生资源的枯竭, 占 40%)。该结论与已有定性评价观点相一致, 并量化地体现出资源利用的发展水平和发展过程, 能够推广应用到其他药用体系的资源利用分析, 为药用植物资源的利用管理提供决策依据。

关键词: 药用植物; 资源利用模式; Pattern-Path Model (PPM); 中华人民共和国药典
中图分类号: Q 948 **文献标识码**: A **文章编号**: 0253-2700 (2009) 06-520-09

An Analysis Model for the Sustainable Use of Medicinal Plants

ZHUANG Hui-Fu[1,2], WANG Yu-Hua[1*]
(1 *Laboratory of Ethnobotany of Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences*, Kunming 650204, China;
2 *Graduate University of Chinese Academy of Sciences*, Beijing 100049, China)

Abstract: Based on the analysis of medicinal plants use, we proposed a Pattern-Path Model (PPM) to explore the development process of medicinal plant use. To test this model, 549 medicinal plant species recorded in Chinese Pharmacopoeia (2005 version) were analyzed to understand the sustainability of medicinal plants in China. Our results show that among medicinal plant species in Chinese Pharmacopoeia, 79% are more or less used with sustainable supply, but 21% with unsustainable supply. The current trends of increasing domestication and plantation of medicinal plants are partly promoted by resource scarcity (40% of used species are threatened or being exhausted before plantation prepared). The conclusions from PPM quantitative analysis further supported existing practices about resource assessment and cultivation program of medicinal plants in China, so PPM can be applied more to provide bases for resources management decision-making.

Key words: Medicinal plants; Resources use pattern; Pattern-Path Model (PPM); Chinese Pharmacopoeia

我国传统医药体系和药用资源十分丰富。过去几千年, 传统医药 (TCM) 是我国主要的医疗体系, 现在仍是我国两大医药体系之一 (Xu and Yang, 2008)。按照医药体系的发展程度和应用的广泛程度, 可以将其划分为由低到高的四个层次——民间药、民族药、传统中药 (张惠源等, 1995) 和药典收录的传统药物。民间民族药广泛应用于各个民族, 上世纪 80 年代的全国中草药普查调查记录有药用资源植物 11 020 种 (中国药材公司, 1995), 应用较广的传统中药也维持在 800～1 000 种 (周飞跃, 2005)。

传统医药的开发首先是对优良药用基原的筛

通讯作者: Author for correspondence; E-mail: wangyuhua@mail.kib.ac.cn
收稿日期: 2009-05-25, 2009-09-10 接受发表
作者简介: 庄会富 (1985-) 男, 在读硕士研究生, 主要从事植物资源与生物多样性信息学的研究。E-mail: zhuanghuifu@mail.kib.ac.cn

选，11 000 余种药用植物资源中，收录到各版次药典的仅有 400～800 种（国家药典编委会，2005）。药物资源产业化开发后，一方面，资源需求的增长带来了过度采集、资源减少、种质丧失等一系列不可持续利用问题（欧阳静等，2008）。另一方面：产业化开发后，药用源材料由依赖野生资源向依赖栽培资源过渡，由于野生资源承载力有限，一旦人类的需求无法满足时，必然要开展野生资源之外的药用来源——栽培资源。常用中药材如人参（*Panax ginseng* C. A. Mey）、天麻（*Gastrodia elata* Blume）、三七（*Panax Notoginseng* (Burk.) F. H. Chen）等已经具备完整的栽培技术（任跃英，2001；陈中坚，2004），滇重楼（*Paris polyphylla* var. *yunnanensis*）、石斛（*Dendrobium* spp.）、金莲花（*Trollius chinensis* Bge）等重要药材也正在开展栽培研究（何俊，2006；杨斌等，2008；杨世林等，1999），栽培资源已成为传统药物的重要来源。

可见药用植物资源的利用开发是由资源筛选、产业开发、可能的资源枯竭和人工栽培开展组成的一个发展过程。目前针对中药资源可持续利用的研究多集中在以下方面：资源描述、野生资源的枯竭报道、资源的监管建议、野生变家种研究或是一些资源数据库的建设（王年鹤等，1992；王雨华等，2002；陈丽华和邵运峰，2008）。目前还缺乏从上述整体发展过程入手分析传统药物资源的研究；另一方面缺乏针对具体药用体系（如：一个地区或一个民族应用的植物资源）开展的资源利用整体发展水平和可持续性的定量研究。

针对这些问题，我们拟提出一个整体分析某一药用体系植物资源利用情况的模型，为定量化研究和分析药用植物资源持续利用提供方法和依据。并拟采用该模型，分析《中华人民共和国药典》中应用的高等植物（国家药典编委会，2005），一方面对药典应用的植物资源做定量的分析评价；另一方面与现有药用植物资源利用的定性研究观点对比，检验该模型的合理性。

1 Pattern-Path Model (PPM) 分析模型

资源利用模式（Use Pattern）是指药用植物的利用方式，即应用天然资源、栽培资源还是两者兼用。下面分析资源利用模式的相关因素和各种模式的特点，以及如何以 Pattern-Path Model 分析资源利用的发展过程。

1.1 资源利用模式（Use Pattern）

实现药用植物资源可持续利用的前提是资源供应满足需求，涉及到三个因素：人的需求（D：demand）、自然资源的供应（R：resources）、人工栽培补偿（C：compensation）（当自然资源无法满足需求时，药用植物需要驯化栽培）。我们以（R，C）为坐标系，以（R + C）与 D 的大小关系，即供应与需求的满足关系建立如下 RCD 利用模式分区（图 1）。

植物资源利用中供应与需求的大小关系有如下几种情形：（1）利用野生资源满足需求（$R > D$）；（2）利用栽培资源满足需求（$C > D$）；（3）两者兼用满足需求（$R + C > D$）；（4）供应不能满足需求（$R + C < D$）。上述（3）、（4）两种情形的资源利用模式仍在变化。在（$R + C > D$）模式中，野生采集和人工栽培共用，但是人们一般会选择二者中投入较少的一种方式，会逐渐淘汰掉 R、C 中的一个，最终形成（$R > D$ 或 $C > D$）类型。资源供应不足的类型（$R + C < D$），野生资源采集量和人工栽培量不足。其资源利用模式仍在变化，主要是人工栽培的继续开展。

因而将资源利用模式划分为：资源依赖型（R 型）（即依赖野生资源满足需求的类型（$R > D$））；补偿依赖型（C 型）（即栽培资源开展完善的类型（$C > D$））；过渡型（T 型）（即资源利用模式仍在变化的类群（两类资源兼用的类型（$R + C > D$）以及供应不足的类型（$R + C < D$））。

分析图 1 中“＊”标示的三角区域，该区域资源供应无法满足需求，一方面原因是自然资源的枯竭导致野生采集难，另一方面缘于资源枯竭后人工栽培的不足，因而称此区域（图 1 中“＊”）为资源枯竭——补偿不足区，经历该区域的植物其栽培开展滞后于资源枯竭。

1.2 资源利用模式的形成路径（Path）

药用植物资源的开发，一般是从一定量的野生采集（$R = r$，$C = 0$）开始，随着资源需求、野生资源供应能力、以及栽培的开展的变化，野生采集与人工栽培在资源供应中的占配比也随之变化。总体趋势是由应用天然资源过渡到栽培资源。我们依据资源供应中 R、C 的变化趋势，以

及是否经历野生资源枯竭——补偿不足区，将资源利用模式的形成途径分为五类：起始于利用野生资源的路径Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ；以及起始于利用栽培资源的路径Ⅴ（以粮食、花卉等农作物以及引种植物作为药材基原，开发之前就已经完全栽培的植物，不需要过渡）(图 2)。其中路径Ⅱ、Ⅲ发展的终点是利用栽培资源的 C 型。

1.3 Pattern-Path Model (PPM) 划分及判定方法

依据上述资源利用模式（Use Pattern）分区和模式的形成路径（Path），将药用植物按照模式 - 路径（Pattern-Path）划分成 7 类（表 1）。并依照药用来源、栽培进展和资源枯竭与否提出判定依据，后续研究中用于对植物资源 PPM 的判定。

1.4 药用体系中植物资源利用发展水平与健康程度的整体分析

资源可持续利用要求供需的满足关系具有稳定性，资源供应能够应对需求的变化。分析发现，人工栽培是将人的主观能动性发挥到最大的资源利用模式，可以最大限度的应对需求的变化 (郝凤敏等，2005)，因而栽培资源的供应稳定性最好。野生资源未枯竭前也具一定的供应稳定性，但应对需求剧烈变化的能力不强，资源供应处于亚稳定状态。野生资源几近枯竭时其供应稳定性最差。因而将各模式的持续性状态分为：稳定（依赖栽培资源的 C 型）、亚稳定（野生资源满足供应的 R 型和未出现资源枯竭的 T 型）、不稳定（处于资源出现枯竭的类型）(表 1)。

针对具体药用体系使用的植物类群，分析所用植物的资源利用模式，七种 PPM：R、TⅡ、TⅢ、TⅣ、CⅡ、CⅢ、CⅤ的配比，是该药用体系资源利用发展水平和发展过程的综合体现：(1) R、TⅡ、CⅡ、CⅢ、CⅤ型的植物资源供应较稳定，其比例越高，表示药用体系整体资源供应越稳定，资源利用的发展水平越高。(2) 结合图 2 各路径的特点，分析资源利用的发展过程。

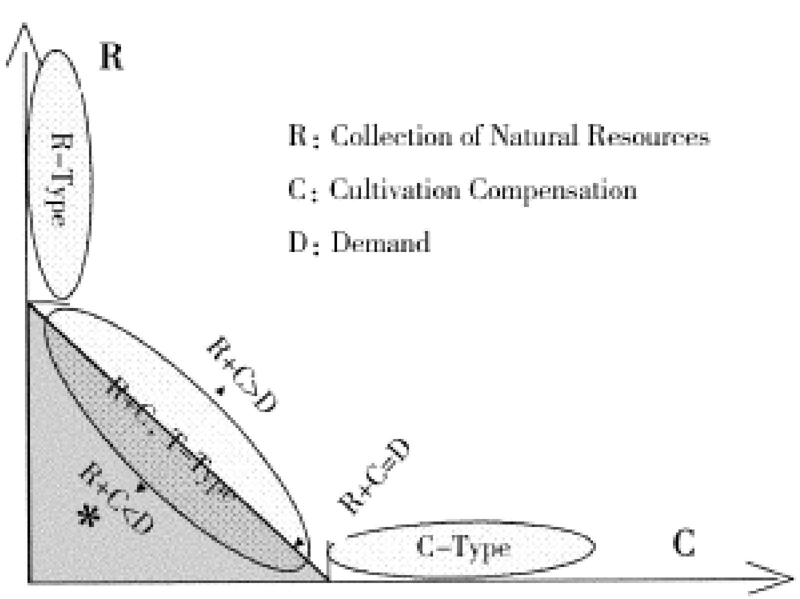


图 1 资源利用模式分区

R + C = D：供需平衡分界线；R + C > D：供应满足需求区；R + C < D：供不应求，资源枯竭 - 补偿不足区；R-Type：资源依赖型，以采集野生资源满足需求，是一般药用植物资源开发的起始类型；C-Type：补偿依赖型，以栽培资源供应需求；T-type：过渡型，兼用两类资源，由供需平衡分界线分为 R + C > D 和 R + C < D 两部分

*：资源枯竭——补偿不足区

Fig . 1 Utilization pattern of medicinal plants

R + C = D: Line of supply-demand balance; R + C > D: Area of supply exceeds demand; R + C < D: Area of demand exceeds supply . R type: wild resource dependent type, especially in the early stage of commercialization of medicinal plant . C type: cultivated resource dependent type; T type: transition of R type to C type

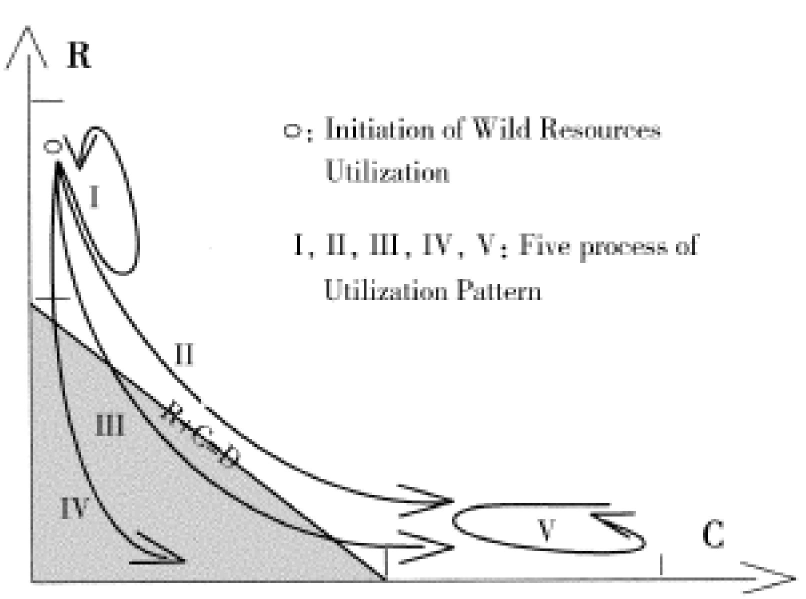


图 2 资源利用模式的 5 种路径

路径Ⅰ：自始至终依赖天然资源的路径，并满足资源需求；路径Ⅱ：理想过渡路径，由依赖天然资源过渡到依赖栽培资源，而不引起资源破坏的路径；路径Ⅲ：破坏型过渡路径，人工栽培在资源破坏之后开展，造成资源破坏后过渡到依赖栽培资源的路径；路径Ⅳ：枯竭型路径，依赖天然资源，造成资源枯竭而又无法补偿的路径；路径Ⅴ：补偿依赖路径，如粮食、花卉等农作物中发现的药用植物或是引种的植物，不存在野生资源

Fig . 2 Five processes of utilization patterns

Ⅰ: Relying on wild resources at all times; Ⅱ: Ideal transition from wild resources dependence to cultivated resources dependence; Ⅲ: Ttransition from wild resources dependence to cultivated resources dependence with wild resources destructive; Ⅳ: Exhaustive process that relying on wild resources at all times without cultivation compensation; Ⅴ: Relying on cultivated resources at all times

表 1　Pattern-Path Model (PPM) 划分以及各类型特点

Table 1　Classification of resource use pattern

模式划分 Category	模式 Pattern	路径 Path	判定依据 Criteria 资源来源 Resource sources	栽培商品供应 Commercial plantation	枯竭状态 Status of exhaustion	供应稳定性 Stability of supply
R type	R	Ⅰ	野生资源 Wild resource	无栽培供应 Non	无 N	亚稳定 Metastable
TⅡ type	T	Ⅱ	兼用 Both	正在开展 Developing	无 N	亚稳定 Metastable
TⅢ type	T	Ⅲ	兼用 Both	正在开展 Developing	有 Y	不稳定 Unstable
TⅣ type	R	Ⅳ	野生资源 Wild resource	正在开展 Developing	有 Y	不稳定 Unstable
CⅡ type	C	Ⅱ	栽培资源 Cultivation resource	规模种植 Developed	无 N	稳定 Stable
CⅢ type	C	Ⅲ	栽培资源 Cultivation resource	规模种植 Developed	有 Y	稳定 Stable
CⅤ type*	C	Ⅴ	栽培资源 Cultivation resource	农作物与引种植物 Crop or introduced plant	无 N	稳定 Stable

路径Ⅰ是始终应用野生资源，并满足需求的类群，缘于野生资源相对于需求的极大富余，但是应对需求扩张时，资源可持续性存在不确定因素；路径Ⅱ是理想的资源利用过渡模式，体现资源利用发展的合理成分；路径Ⅲ、Ⅳ带来野生资源的枯竭，体现的是过渡进程中的不合理成分；路径Ⅴ是农作物或引种植物，药用开发之前就已完全栽培，处于稳定供应状态，也是合理成分。

2　分析模型应用实例—《中国药典》应用的药用植物资源分析

2.1　数据来源

《中华人民共和国药典》是中国政府颁布的用药标准，收录到药典中的传统药物是使用最广泛，产业化程度最高的传统药物，但是还没有针对该药用体系的资源利用发展进行整体研究。我们以《中国药典》(2005 版) 收录的传统药物基原 (高等植物部分) 为研究对象，应用 Pattern-Path Model (PPM) 分析模型予以分析。采集的数据有：

(1) 研究对象——549 种高等植物药物基原的分类信息。

(2) 判定基原植物 PPM 所需的信息。包括：药用来源 (分为野生资源、人工栽培资源和两者兼用三类)、栽培进展 (分为无人工栽培、正在开展、规模种植和农作物四个阶段) 以及资源出现枯竭与否。

信息来源于维普数据库、中国知网、Google Scholar 中各药物基原的相关研究文献、研究报道，以及《中国中药资源丛书》中相关信息；农作物信息以《全国农作物审定品种》(国家农作物品种审定委员会，2002) 收录与否为准。

2.2　药典中高等植物药用基原的 PPM 判定

上述统计数据总结后，依照表 1 的判定方法判定药典中使用的高等植物药物基原，结果如下 (表 2)。

表 2　药典中高等植物基原的 PPM 判定

Table 2　Pattern-path model of 549 recorded medicinal plant species in Chinese Pharmacopoeia (2005)

Scientific name	PPM	Scientific name	PPM	Scientific name	PPM
Abrus cantoniensis	CⅢ	*Dalbergia odorifera*	CⅢ	*Panax notogingseng*	CⅢ
Abutilon theophrastii	CⅡ	*Daphne genkwa*	CⅡ	*P. quinque*	CⅤ
Acacia catechu	CⅡ	*Datura metel*	CⅡ	*Papaver somniferum*	CⅤ
Acanthopanax gracilistylus	CⅢ	*Daucus carota*	CⅤ	*Paris polyphylla* var. *chinensis*	TⅢ
A. senticosus	TⅢ	*Dendrobium candidium*	TⅣ	*P. polyphylla* var. *yunnnanensis*	TⅣ
Achyranthes bidentata	CⅢ	*D. fimbriatum*	TⅣ	*Perilla frutescens*	CⅡ
Aconitum carmichaeli	CⅢ	*D. nobile*	TⅣ	*Periploca sepium*	TⅡ
A. kusnezoffii	TⅣ	*Descurainia sophia*	CⅡ	*Peucedanum praeruptorum*	TⅣ
Acorus calamus	TⅣ	*Desmodium styracifolium*	CⅢ	*Pharbitis nil*	CⅡ
A. tatarinowii	TⅣ	*Dianthus chinensis*	CⅡ	*P. pururea*	CⅡ
Adenophora stricta	CⅢ	*D. superbus*	CⅡ	*Phaseolus angularis*	CⅤ
A. tetraphylla	CⅢ	*Dichroa febrifuga*	CⅡ	*P. calcaratus*	CⅤ
Aesculus chinensis	CⅡ	*Dictamnus dasycarpus*	CⅢ	*Phellodendron amurense*	CⅢ
A. chinensis var. *chekiangensis*	CⅡ	*Dimocarpus longan*	CⅤ	*P. chinensis*	CⅢ
A. wilsonii	CⅡ	*Dioscorea futschauensis*	TⅣ	*Phragmites communis*	CⅡ

续表2

Scientific name	PPM	Scientific name	PPM	Scientific name	PPM
Agrimonia pilosa	TⅡ	*D. kypoglauca*	TⅣ	*Phyllanthus emblica*	CⅡ
Ailanthus allissima	CⅡ	*D. nipponica*	TⅢ	*Phyllostachys nigra* var. *henonis*	CⅡ
Akebia quinata	TⅢ	*D. opposita*	CⅢ	*Physalis alkekengi*	CⅡ
A. trifoliate	TⅢ	*D. panthaica*	TⅢ	*Physochlaina infundibularis*	TⅣ
A. trifoliate var. *australis*	TⅢ	*Diospyros kaki*	CⅤ	*Phytolacca acinosa*	CⅡ
Albixia julibrissin	CⅡ	*Dipsacus asperoides*	CⅢ	*P. americana*	CⅤ
Alisma orientalis	CⅡ	*Dolichos lablab*	CⅡ	*Picrasma quassioides*	CⅡ
Allium chinensis	CⅡ	*Echinops grijisii*	R	*Picrorhiza scrophulariiflora*	TⅢ
A. macrostemon	TⅡ	*E. latifolius*	R	*Pinellia ternata*	CⅢ
A. tuberosum	CⅤ	*Eclipta prostrata*	R	*Pinus massoniana*	CⅡ
Aloe barbadensis	CⅤ	*Ephedra equisetina*	TⅣ	*P.* sp.	CⅢ
A. ferox	CⅤ	*E. intermedia*	CⅢ	*P. tabulaeformis*	CⅡ
Alpinia galangal	CⅢ	*E. sinica*	CⅢ	*Piper kadsura*	TⅣ
A. katsumadai	CⅤ	*Epimedium brevicornum*	CⅢ	*P. longum*	CⅡ
A. officinarum	CⅢ	*E. koreanum*	CⅢ	*P. nigrum*	CⅤ
A. oxyphylla	CⅤ	*E. pubescens*	CⅢ	*Plantago asiatica*	CⅡ
Amomum compactum	CⅡ	*E. sagittatum*	TⅢ	*P. depressa*	CⅡ
A. kravanh	CⅡ	*E. wushanense*	TⅣ	*Platyclodus orientalis*	CⅡ
A. longiligulare	CⅢ	*Erigeron breviscapus*	CⅢ	*Platycodon gandiflorum*	CⅢ
A. tsao-ko	CⅤ	*Eriobotrya japonica*	CⅤ	*Pleione bulbocodioides*	TⅢ
A. villosum	CⅢ	*Eriocaulon buergerianum*	R	*P. yunnanensis*	TⅢ
A. villosum var. *xanthioides*	CⅢ	*Erycibe obtusifolia*	TⅣ	*Podophyllum hexandrum*	TⅣ
Ampelopsis japonica	TⅢ	*E. schmidtii*	TⅣ	*Pogostemon cablin*	CⅤ
Andrographis paniculata	CⅡ	*Eucalyptus globulus*	CⅤ	*Polygala sibirica*	TⅢ
Anemarrhena asphodelloides	CⅢ	*Eucommia ulmoides*	CⅢ	*P. tenuifolia*	TⅢ
Anemone raddeana	TⅣ	*Eugenia caryophyllata*	CⅤ	*Polygonatum cytonema*	CⅢ
Angelica dahurica	CⅢ	*Eupatorium fortunei*	CⅡ	*P. kingianum*	TⅣ
A. dahurica var. *formosana*	CⅢ	*Euphorbia humifusa*	R	*P. odoratum*	CⅢ
A. pubescens f. *biserrara* Shanet Yuan	CⅢ	*E. kansui*	CⅢ	*P. sibiricum*	CⅢ
A. sinensis	CⅢ	*E. lathyris*	CⅤ	*Polygonum aviculare*	CⅡ
Apocynum venetum	TⅢ	*E. maculata*	R	*P. bistorta*	TⅣ
Aquilaria sinensis	CⅢ	*E. pekinensis*	CⅡ	*P. cuspidatum*	CⅡ
Arctium lappa	CⅡ	*Euryale ferox*	CⅡ	*P. multiflorum*	CⅢ
Ardisia crenata	CⅡ	*Evodia rutaecarpa*	CⅡ	*P. orientale*	CⅡ
A. japonica	TⅡ	*E. rutaecarpa* var. *bidinieri*	CⅡ	*P. tinctorium*	CⅡ
Areca catechu	CⅤ	*E. rutaecarpa* var. *officinalis*	CⅡ	*Portulaca oleracea*	CⅡ
Arisaema amurense	TⅢ	*Fagopyrum dibotrys*	TⅢ	*Potentilla chinensis*	CⅡ
A. erubescens	CⅢ	*Ferula fukanensis*	TⅣ	*Prinsepia uniflora*	R
A. heterophyllum	TⅢ	*F. sinkiangensis*	TⅣ	*P. uniflora* var. *serrata*	CⅡ
Aristolochia contorta	TⅡ	*Fibraurea recisa*	TⅢ	*Prunella vulgaris*	CⅡ
A. debilis	TⅡ	*Foeniculum vulgare*	CⅡ	*Prunus armeniaca*	CⅤ
Arnebia euchroma	TⅢ	*Forsythia suspensa*	CⅡ	*P. armeniaca* var. *ansu*	CⅡ
A. guttata	TⅢ	*Fraxinus chinensis*	CⅡ	*P. davidiana*	CⅡ
Artemisia annua	TⅡ	*F. rhynchophylla*	CⅡ	*P. humilis*	CⅡ
A. argyi	R	*F. stylosa*	CⅡ	*P. japonica*	CⅡ
A. capillaris	CⅡ	*F. sxaboana*	CⅡ	*P. mandshurica*	CⅡ
A. scoparia	CⅡ	*Fritillaria cirrhosa*	CⅢ	*P. mume*	CⅤ
Asarum heterotropoides var. *mandshuricum*	CⅢ	*F. delavayi*	TⅢ	*P. pedunculata*	R
A. sieboldii	TⅢ	*F. hupehensis*	CⅢ	*P. persica*	CⅤ
A. sieboldii var. *seoukense*	TⅢ	*F. pallidiflora*	CⅢ	*P. sibirica*	CⅡ
Asparagus cochinchinensis	TⅢ	*F. przewalskii*	TⅢ	*Pseudolarix kaempferi*	CⅡ
Aster tataricus	CⅡ	*F. thunbergii*	CⅢ	*Pseudostellaria heterophylla*	CⅢ
Astragalus complanatus	CⅢ	*F. unibracteata*	TⅢ	*Psoralea corylifolia*	CⅡ
A. membranaceus	CⅢ	*F. ussuriensis*	TⅣ	*Pueraria lobata*	CⅢ
A. membranaceus var. *mongholicus*	CⅢ	*F. walujewii*	TⅣ	*P. thomsonii*	CⅢ
Atractylodes chinensis	TⅢ	*Gardenia jasminoides*	CⅤ	*Pulsatilla chinensis*	TⅢ
A. lancea	TⅢ	*Gastrodia elata*	CⅢ	*Punica granatum*	CⅤ
A. macrocephala	CⅢ	*Gentiana crassicaulis*	TⅢ	*Pyrola calliantha*	R
Atropa belladonna	CⅡ	*G. dahurica*	TⅣ	*P. decorata*	R

续表 2

Scientific name	PPM	Scientific name	PPM	Scientific name	PPM
Aucklandia lappa	CⅡ	*G. macrophylla*	TⅢ	*Quisqualis indica*	TⅡ
Bambusa texiilis	CⅡ	*G. manshurica*	TⅣ	*Ranunculus ternatus*	TⅡ
B. tuldoides	CⅡ	*G. rigescens*	TⅣ	*Raphanus sativus*	CⅤ
Baphicacanthus cusia	CⅡ	*G. scabra*	TⅣ	*Rehmannia glutinosa*	CⅡ
Belamcanda chinensis	TⅢ	*G. straminea*	TⅢ	*Rhaponticum uniflorum*	R
Benincasa hispida	CⅤ	*G. triflora*	TⅣ	*Rheum officinale*	TⅢ
Bergebia purpurascens	TⅣ	*Geranium carolinianum*	R	*R. palmatum*	TⅢ
Bergebnia crassifolia	TⅣ	*G. wilfordii*	R	*R. tanguticum*	TⅢ
Bletilla striata	CⅢ	*Ginkgo biloba*	CⅤ	*Rhodiola crenulata*	TⅣ
Bolbostemma paniculatum	CⅡ	*Glechoma longituba*	CⅡ	*Rhododendron dauricum*	TⅡ
Brassica juncea	CⅡ	*Gleditsia sinensis*	CⅡ	*R. molle*	CⅡ
Broussonetia papyrifera	CⅡ	*Glehnia littoralis*	CⅢ	*Rhus chinensis*	CⅡ
Brucea javanica	CⅢ	*Glycine max*	CⅤ	*R. potaninii*	CⅡ
Buddleja officinalis	TⅡ	*Glycyrrhiza glabra*	CⅢ	*R. punjabensis*	CⅡ
Bupleurum chinensis	TⅢ	*G. inflata*	CⅢ	*Ricinnus communis*	CⅤ
B. longiradiatum	TⅢ	*G. uralensis*	CⅢ	*R. chinensis*	CⅤ
B. corzonerifolium	TⅢ	*Hedysarum polybotrys*	CⅢ	*R. laevigata*	TⅡ
Buxus microphylla var. *sinica*	CⅡ	*Helwingia japonica*	TⅡ	*R. rugosa*	CⅤ
Caesalpinia sappan	CⅡ	*Hippophae rhamnoides*	R	*Rubia cordifolia*	TⅢ
Camellia meiocarpa	CⅢ	*Homalomena occulta*	CⅢ	*Rubus chingii*	CⅡ
C. oleifera	CⅤ	*Hordeum vulgare*	CⅤ	*Salvia miltiorrhiza*	CⅢ
Campsis grandiflora	CⅡ	*Houttuynia cordata*	CⅡ	*Sanguisorba officinalis*	TⅢ
C. radicans	CⅡ	*Hyoscyamus niger*	TⅡ	*S. officinalis* var. *longifolia*	TⅢ
Canarium album	CⅡ	*Hypericum perforatum*	CⅡ	*Santalum album*	CⅢ
Canavalia gladiata	CⅡ	*Ilex cornuta*	CⅡ	*Saposhnikovia divaricata*	TⅢ
Cannabis sativa	CⅡ	*Illicium difengpi*	TⅣ	*Sarcandra glabra*	TⅢ
Carpesium abrotanoides	R	*I. verum*	CⅤ	*Sargentodoxa cuneata*	TⅢ
Carthamus tinctorius	CⅡ	*Impatiens balsamina*	CⅡ	*Saururus chinensis*	CⅡ
Cassia acutifolia	CⅤ	*Imperata cylindrical* var. *major*	R	*Saussurea involucrate*	TⅣ
C. angustifolia	CⅤ	*Inula britannica*	CⅡ	*Schisandra chinensis*	CⅢ
C. obtusifolia	CⅡ	*I. helenum*	TⅢ	*S. sphenanthera*	TⅢ
C. tora	CⅡ	*I. japonica*	R	*Schizonepeta tenuisfolia*	CⅡ
Celosia argentea	CⅡ	*I. linariifolia*	CⅡ	*Schizostachyum chinensis*	CⅡ
C. cristata	CⅤ	*Iris tectorum*	CⅡ	*Scrophularia ningpoensis*	CⅡ
Centella asiatica	TⅣ	*Isatis indigotica*	CⅤ	*Scutellaria baicalensis*	CⅢ
Centipede minima	R	*Juglans regia*	CⅤ	*S. barbata*	CⅡ
Chaenomeles speciosa	CⅡ	*Juncus effusus*	CⅡ	*Sedum sarmentosum*	CⅡ
Changium smyrnioides	TⅢ	*Kaempferia galanga*	CⅢ	*Semiaquilegia adoxoides*	CⅡ
Choerospondias aillaris	TⅡ	*Knoxia valerianoides*	TⅢ	*Sesamum indicum*	CⅤ
Chrysanthemum indicum	CⅡ	*Kochia scoparia*	CⅡ	Setaria italica	CⅡ
C. morifolium	CⅤ	*Lamiophlomis rotata*	TⅣ	*Siegesbeckia glabrescens*	CⅡ
Cichorium glandulosum	CⅡ	*Leonurus japonicus*	CⅡ	*S. orientalis*	R
C. intybus	CⅡ	*Lepidium apetalum*	CⅡ	*S. puberscens*	R
Cimicifuga dahurica	TⅡ	*Ligusrum lucidum*	CⅡ	*Silybum marianum*	CⅡ
C. foetida	R	*Ligusticum chuanxiong*	CⅢ	*Sinapis alba*	CⅡ
C. heracleifolia	R	*L. jeholense*	TⅣ	*Sinocalamus beecheyanus*	CⅡ
Cinnamomum camphora	CⅢ	*L. sinense*	CⅢ	*Sinomenium acutum*	R
C. cassia	CⅢ	*Lilium brownie* var. *viridulum*	CⅡ	*S. acutum* var. *cinereum*	R
Cirsium japonica	R	*L. lancifolium*	CⅡ	*Smilax china*	CⅡ
C. setosum	TⅡ	*L. pumilum*	TⅡ	*S. glabra*	CⅡ
Cissampelos pareira var. *hirsuta*	R	*Lindera aggregata*	TⅣ	*Sophora flavescens*	CⅡ
Cistanche deserticola	TⅢ	*L. communis*	CⅢ	*S. japonica*	CⅡ
C. tubulosa	TⅢ	*Linum usitatissimum*	CⅤ	*S. tonkinensis*	TⅢ
Citrullus lanatus	CⅤ	*Liquidambar formosana*	CⅡ	*Sparganium stoloniferum*	CⅢ
Citrus aurantium	CⅤ	*L. orientalis*	CⅤ	*Spatholobus suberectus*	TⅣ
C. aurantium ‘Chuluan’	CⅤ	*Liriope musari*	CⅢ	*Stachyurus chinensis*	CⅡ
C. aurantium ‘Daidai’	CⅤ	*L. spicata* var. *prolifera*	CⅢ	*S. himalaicus*	R
C. aurantium ‘Huangpi’	CⅤ	*Litchi chinensis*	CⅤ	*Stellaria dichotoma*	CⅢ
C. aurantium ‘Tancheng’	CⅤ	*Litsea cubeba*	CⅡ	*Stemona japonica*	CⅡ

续表 2

Scientific name	PPM	Scientific name	PPM	Scientific name	PPM
C. grandis	CⅤ	*Lobelia chinensis*	TⅡ	*S. sessilifolia*	CⅡ
C. grandis ‘Tomentosa’	CⅤ	*Lonicera confusa*	CⅡ	*S. tuberosa*	CⅡ
C. medica	CⅡ	*L. hypoglauca*	CⅡ	*Stephania tetrandra*	TⅣ
C. medica var. *sarcodactylis*	CⅤ	*L. japonica*	CⅡ	*Sterculia lychnophora*	CⅡ
C. reticulate	CⅤ	*L. macranthoides*	CⅡ	*Strychnos nux-vomica*	CⅡ
C. reticulate ‘Chazhi’	CⅤ	*Lophatherum gracile*	CⅡ	*Styrax tonkinensis*	CⅡ
C. reticulata ‘Dahongpao’	CⅤ	*Luffa cylindrica*	CⅤ	*Swertia mileensis*	TⅢ
C. reticulata ‘Tangerina’	CⅤ	*Lycœum barbarum*	CⅤ	*Tamarix chinensis*	CⅡ
C. reticulate ‘Unshiu’	CⅤ	*L. chinensis*	CⅡ	*Taraxacum mongolicum*	CⅡ
C. sinensis	CⅤ	*Lycopus lucidus*	CⅡ	*T. sinicum*	CⅡ
Clematis armandii	R	*Lysimachia christinae*	R	*Taxillus chinensis*	R
C. chinensis	TⅢ	*Magnolia biondii*	CⅡ	*Terminalia billerica*	CⅡ
C. hexapetala	TⅡ	*M. denudata*	CⅡ	*T. chebula*	CⅡ
C. mandshurica	CⅡ	*M. officinalis*	CⅢ	*T. chebula* var. *tomentella*	CⅡ
C. montana	CⅤ	*M. officinalis* var. *biloba*	CⅢ	*Tetrapanax papyriferus*	TⅡ
Clinopodium chinensis	CⅡ	*M. sprengeri*	CⅡ	*Tinospora capillipes*	TⅣ
C. polycephalum	CⅡ	*Mahonia bealei*	CⅡ	*T. sagittata*	TⅣ
Cnidium monnieri	TⅡ	*M. fortunei*	CⅡ	*Torreya grandis*	CⅢ
Codonopsis pilosula	CⅡ	*Malva verticillata*	CⅡ	*Toxicodendron vernicifluum*	CⅡ
C. pilosula var. *modesta*	CⅡ	*Melia azedarach*	CⅡ	*Trachelospermum jasminoides*	CⅡ
C. tangshen	CⅡ	*M. toosendan*	CⅡ	*Trachycarpus fortunei*	CⅡ
Coix lacryma-jobi var. *mayuen*	CⅤ	*Menispermum dauricum*	TⅢ	*Tribulus terrestris*	R
Commelina communis	R	*Menthe haplocalyx*	CⅡ	*Trichosanthes kirilowii*	CⅡ
Copitis deltoidea	CⅢ	*Momordica cochinchinensis*	CⅡ	*T. rosthornii*	CⅡ
C. teeta	CⅢ	*M. grosvenori*	CⅡ	*Trigonella foenum-graecum*	CⅡ
Coptis chinensis	CⅢ	*Morinda officinalis*	CⅢ	*Tussilago farfara*	CⅢ
Cornus officinalis	CⅢ	*Morus alba*	CⅤ	*Typha angustifolia*	CⅡ
Corydalis bunfeana	CⅡ	*Mosla chinensis*	TⅡ	*T. orientalis*	CⅡ
C. decumbens	CⅢ	*M. chinensis* ‘jiangxiangru’	CⅡ	*Typhonium giganteum*	TⅡ
C. yanhusuo	CⅢ	*Murraya exotica*	CⅡ	*Uncaria hirsuta*	TⅢ
Crataegus pinnatifida	CⅤ	*M. paniculata*	CⅡ	*U. macrophylla*	TⅢ
C. pinnatifida var. *major*	CⅡ	*Myristica fragrans*	CⅤ	*U. rhynchophylla*	TⅢ
Cremastra appendiculata	TⅢ	*Nardostachys chinensis*	CⅢ	*U. sessilifructus*	TⅢ
Crocus sativus	CⅤ	*N. jatamansi*	CⅢ	*U. sinensis*	TⅢ
Croton tiglium	CⅡ	*Nelumbo nucifera*	CⅤ	*Vaccaria segetalis*	CⅡ
Curculigo orchioides	TⅢ	*Nigella glandulifera*	CⅡ	*Verbena officinalis*	CⅡ
Curcuma kwangsiensis	CⅡ	*Notopterygium forbesii*	TⅣ	*Viola yedoensis*	TⅡ
C. longa	CⅡ	*N. inccisum*	TⅣ	*Viscum coloratum*	TⅣ
C. phaeocaulis	CⅡ	*Ocimum gratissimum*	CⅡ	*Vitex negundo* var. *cannabifolia*	R
C. wenyujin	CⅡ	*Ophiopogon japonicus*	CⅢ	*V. trifolia*	CⅡ
Cuscuta chinensis	CⅡ	*Orostachys fimbriatus*	R	*V. trifolia* var. *simplicifolia*	CⅡ
Cyathula officinalis	CⅡ	*Oroxylum indicum*	TⅢ	*Vladimiria souliei*	CⅢ
Cynanchum atratum	TⅢ	*Oryza sativa*	CⅤ	*V. souliei* var. *cinerrea*	CⅢ
C. glaucescens	CⅢ	*Paeonia lactiflora*	CⅤ	*Xanthium sibiricum*	CⅢ
C. paniculatum	CⅢ	*P. suffruticosa*	CⅤ	*Zanthoxylum bungeanum*	CⅤ
C. stauntonii	CⅢ	*P. veitchii*	CⅢ	*Z. nitidum*	TⅣ
C. versiclor	TⅢ	*Panax ginseng*	CⅢ	*Z. schinifolium*	CⅢ
Cynomorium songgarium	TⅣ	*P. japonicus*	CⅢ	*Zingiber officinale*	CⅤ
Cyperus rotundus	R	*P. japonicus* var. *bipinnatifidus*	TⅣ	*Ziziphus jujuba*	CⅤ
Daemonorops draco	CⅢ	*P. japonicus* var. *major*	TⅣ	*Z. jujube* var. *spinosa*	CⅢ

2.3 植物资源利用模式的整体分析

对表 2 的判定结果进行统计，总结在表 3 中，统计分析药典应用的植物资源。

(1) 统计资源利用模式的发展结果：资源依赖型（R 型）、过渡型（T 型）、补偿依赖型（C 型）分别有 36 种、140 种和 373 种，各占药典应用 549 种高等植物的 7%、26% 和 67%（图 3），补偿依赖型是主要的类型。资源供应稳定和亚稳定的 C 型、R 型、TⅡ型共有 434 种，占总体 79%，不稳定的占 21%（图 4）。

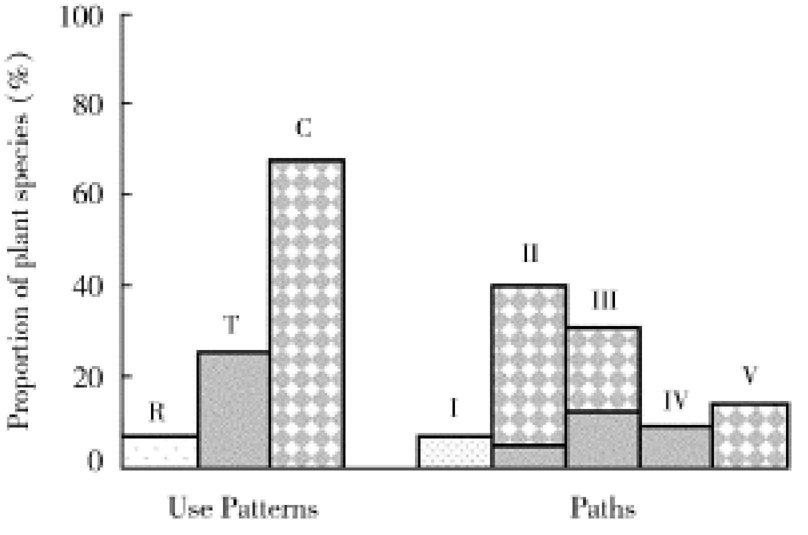


图 3　《中国药典》涉及的高等植物药物资源利用模式及演化路径统计

Fig. 3　Statistical data of use patterns and paths of medicinal plants recorded in Chinese Pharmacopeia

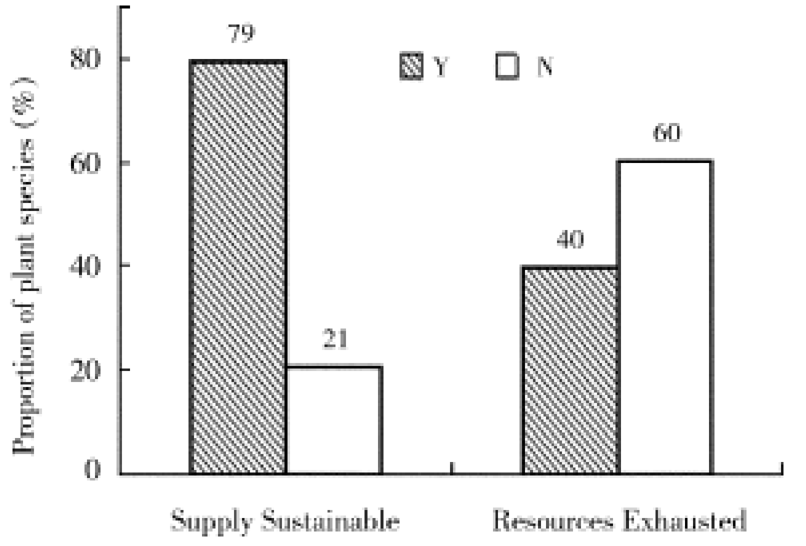


图 4　药典应用的植物资源是否供应稳定和资源利用中是否出现枯竭的比例

Fig. 4　Proportion of plant species with or without sustainable supply (Y N), and with or without exhausted (Y N) in Chinese pharmacopeia. Species being threatened have a relatively high percentage of 40%

表 3　药典中应用的高等植物资源利用模式发展统计

Table 3　Statistical data of medicinal plants recorded in Chinese Pharmacopeia

Path	Use pattern			Total
	R type	T type	C type	
I	36	—	—	36
II	—	25	194	219
III	—	66	103	169
IV	—	49	—	49
V	—	—	76	76
Total	36	140	373	549

(2) **资源利用的发展路径**（表 3，图 3）：**资源利用发展伊始，起始于利用野生资源的** 473 **种植物，分别有：**36 **种植物一直使用野生资源维持持续利用；**219 **种植物沿路径 II 合理过渡，其中** 194 **种完成过渡，基本使用栽培资源，另有** 25 **种仍处于过渡中；**169 **种植物沿路径 III 破坏型过渡路径，其中** 163 **种完成过渡，**66 **种仍在过渡中；有** 49 **种植物沿路径 IV 枯竭型开发，急需发展栽培资源；有** 76 **种植物是农作物或引种药用植物，药用开发之前就已经完全栽培，不需要过渡。其中路径II、III占较大比例，分别有** 39%、31%（图 3）。**沿路径III、IV发展，出现野生资源枯竭现象的植物共有** 218 **种，占** 40%（图 4）。

3　结果讨论

3.1　**根据文章提出的分析模型，将药用植物资源依据** PPM **分为** 7 **类。其中，**R、TII、CII**型** 3 **个类型属于自然分布广、易繁殖的植物，如艾**（*Artemisia argyi* Levl. Et Vant）、**枸杞**（*Lycium chinensis* Mill）、**忍冬**（*Lonicera japonica* Thunb）**等。**R **型使用野生资源，**TII **型、**CII **型逐渐发展为使用栽培资源，该** 3 **个类型未出现资源枯竭，发展栽培的驱动力是人工栽培较野生采集成本低、加工生产方便，而非野生资源枯竭，是合理的开发利用模式。**TIII、CIII **型，如：贝母**（*Fritillaria* spp.）、**秦艽**（*Gentiana* spp.）**等重要中药材，**TIII **型植物野生与家种资源同时使用，**CIII**型过渡到使用栽培资源。分析表明，这两类植物栽培资源的开展是受野生资源匮乏的推动，在野生资源无法满足人们需求后，再发展栽培资源，往往造成野生种质资源的破坏。这两个类型如能较早的开展栽培研究，发展使用栽培资源，则可以避免野生资源枯竭，保障野生种质的多样性。**TIV **型，如：新疆阿魏**（*Ferula fukanensis*）、**滇重楼**（*Paris polyphylla* var. *yunnnanensis*）**等野生中药材，由于生境特殊，生长周期长等因素，野生资源几近枯竭，而栽培资源又发展缓慢，难于维持持续利用。应重点关注这类植物资源，制定合理的保护性开发措施，控制野生资源的无序开发。**

3.2　**上述各类型的药用植物，随着人们研究、开发及应用的深入，利用模式是不断发展变化**

的，R型、T型向稳定的C型转变。不同的药用体系，资源利用的发展水平不同，上述各个类型的比例构成也不同，因而药用体系中各个模式的比例构成可以体现资源利用的发展程度。

收录到药典的植物药应用广泛，产业化程度高，但是产业化开发也带来了天然资源的枯竭(欧阳静，2008)，应用PPM分析得出的结论量化了上述定性描述：药典应用的植物资源，利用模式发展结果好（67%基本依靠栽培，79%供应稳定性好)，但是资源利用的发展过程不尽合理(由应用天然资源向栽培资源的过渡中，出现资源枯竭的类群占40%)，天然资源枯竭推动人工栽培开展的模式占相当比例。

3.3 应加强野生种质资源的保护，并及早开展人工栽培。药典中的药用植物资源栽培开展虽然完善，但仍有40%类群出现资源枯竭，丧失了许多潜在有用的遗传基因，不利于资源后续开发中品种的选育和改良，缘于栽培植物的遗传基础狭窄（刘旭和董玉琛，1999)，许多有价值的遗传基因往往蕴藏在野生物种当中，是作物品种改良的基因来源，在粮油作物的研究中，保护野生种质资源的建议被广泛提出（Han，2007)。另外野生植物资源维持可持续利用的可行性低，药典中，野生资源作为主要药用来源，并满足需求的植物种类仅占7%，可见产业化开发时，只有少数野生植物资源可以应对大规模开发。因而药用植物资源开发时，应及早的开展人工栽培，避免TⅢ、TⅣ资源枯竭模式的出现。

3.4 药典中收录的传统药物，只是中国众多传统药物体系中的一个，其他药用体系，如：藏药、壮药、苗药等应用较广的民族民间药也是我们传统医药产业开发的重点，也需要我们开展针对这些药用体系的分析。另外资源利用模式形成的相关因素值得继续研究：在后续研究中可以探讨植物资源分布、种群更生策略、药材的生产采集方式等诸方面因素与资源利用模式形成之间的相关性，并探索资源可持续利用的途径，为后续的资源开发中避免不合理模式的形成，以及可持续的开发利用药用植物资源提供决策依据和建议。

致谢 感谢杨永平研究员、Caroline Weckerle博士在文章立意和修改中提供的建议和帮助。

〔参 考 文 献〕

中国药材公司，1995．中国中药资源丛书—中国中药资源［M］．北京：科学出版社

王年鹤，袁昌齐，吕晔等，1992．药用植物稀有濒危程度评价标准的讨论［J］．中国中药杂志，17 (2)：67—70

任跃英，陈缸梅，王秀全等，2001．人参种植业的若干问题分析［J］．中草药，24 (10)：753—755

刘旭，董玉琛，1999．中国农用植物多样性与农业可持续发展［A］．见：许智宏，马克平．面向21世纪的中国生物多样性保护—第三届全国生物多样性保护与持续利用研讨会论文集［C］．北京：中国林业出版社，2000：121—127

扬世林，张本刚，陈君等，1999．药材栽培在中药资源可持续利用中的作用及发展战略［J］．中草药，30 (12)：870—873

陈丽华，邵运峰，2008．药用植物资源保护评价研究进展［J］．江西中医学院学报，20 (1)：96—97

陈中坚，孙玉琴，黄天卫等，2004．三七栽培及其GAP研究进展［J］．世界科学技术—中药现代化，7 (1)：67—73

张惠源，袁昌齐，孙传奇，1995．我国的中药资源种类［J］．资源与鉴定，20 (7)：387—390

国家农作物品种审定委员会，2002．全国农作物审定品种（2002)［M］．北京：中国农业科学技术出版社

国家药典编委会，2005．中华人民共和国药典［M］．北京：化学工业出版社

欧阳静，韩轶，王治海，2008．中国药用植物资源可持续发展的非持续因素分析［J］．中国农村卫生事业管理，28 (2)：109—111

Han K，2007．Analysis of the economic value of crop germplasm resources［D］．Nanjing：Hohai University

Hao FM (郝凤敏)，Bai RH (白瑞恒)，Wang HH (王海红)，2005．Discussion of regulatory mechanism of sustainable management in agroecosystem［J］．*Journal of Anhui Agricultural Sciences* (安徽农业科学)，33 (10)：1970，1993

He J (何俊)，Zhang S (张舒)，Wang H (王红) *et al.*，2006．Advances in Studies on and Uses of *Paris polyphylla* var. *yunnanensis* (Trilliaceae)［J］．*Acta Botanica Yunnanica* (云南植物研究)，28 (3)：271—276

Wang YH (王雨华)，Pei SJ (裴盛基)，Xu JC (许建初)，2002．Sustainable management of medicinal plant resources in China：literature review and implacations［J］．*Resources Science* (资源科学)，24 (4)：81—88

Xu J，Yang Y，2008．Traditional Chinese medicine in the Chinese health care system［J］．Health Policy．doi：10.1016 j.healthpol.2008.09.003

Yang B (杨斌)，Li SP (李绍平)，Wang X (王馨) *et al.*，2008．On cultivation and rational utilization of *Paris polyphylla* var. *yunnanensis*［J］．*Chinese Wild Plant Resource* (中国野生植物资源)，27 (6)：70—73

Zhou FY (周飞跃)，2005．The strategy to improve competitiveness of Chinese traditional medicine industry［D］．Beijing：China Agricultural Uniersity